

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-244245

(43)Date of publication of application : 07.09.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065
G23F 4/00

(21)Application number : 2000-054459

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 25.02.2000

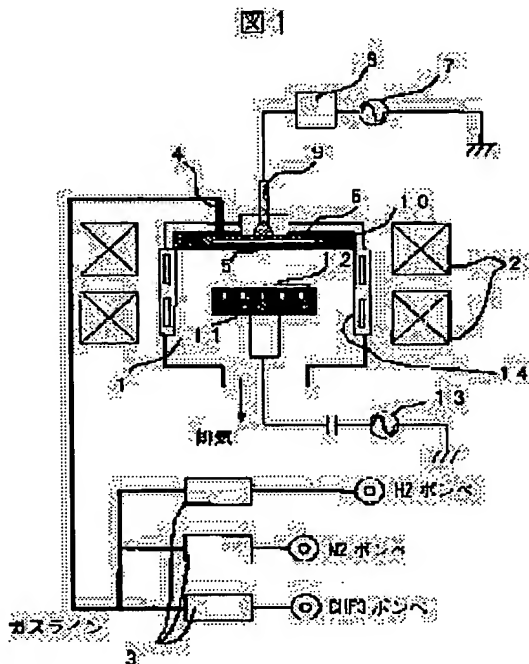
(72)Inventor : NAKAUNE KOUICHI
OYAMA MASATOSHI

(54) APPARATUS FOR SURFACE TREATMENT OF SPECIMEN AND METHOD OF SURFACE TREATMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an apparatus for surface treatment capable of enhancing the selection ratio or the ratio of the etching rate of an antireflection film, such as BARC or the like of an organic material, which serves as a means for forming a highly precise pattern by surface treatment of a semiconductor or the like to that of a resist which serves as a mask for forming the pattern.

SOLUTION: In an apparatus for surface treatment which uses a plasma, a depositing gas is added to hydrogen of a light element to constitute the etching gas. The ions accelerated by a bias power source promote the etching reaction. Use of hydrogen of a light element to the etching gas reduces sputtering of the shoulders of the mask, and mixing of the depositing gas to the additional gas can enhance the selection ratio against the mask material.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3447647

[Date of registration]

04.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】真空容器とその中にプラズマを発生させる手段および該プラズマにより表面処理される試料を設置する試料台と試料に高周波バイアスを印加するための電源を備え、マスク材及び反射防止膜を使用して試料の表面処理を行う表面処理装置において、該真空容器中に、エッチングガスとして、水素ガスと堆積性ガスの混合ガスを導入する手段を備えたことを特徴とする試料の表面処理装置。

【請求項2】請求項1記載の試料の表面処理装置において、前記水素ガスに対する前記堆積性ガスの添加量を、前記マスク材の削れ量が零となるガス流量E0を中心にして、前記マスク材と前記反射防止膜の選択比が2以上となる範囲内で前記ガスの添加量を設定することを特徴とする試料の表面処理装置。

【請求項3】真空容器中にプラズマを発生させ、試料を設置する試料台に高周波バイアスを印加し、マスク材及び反射防止膜を使用し、前記プラズマを用いて前記試料の表面処理を行う試料の表面処理方法において、該真空容器中に水素ガスと堆積性ガスの混合ガスを導入し、前記プラズマにより前記試料の表面処理を行うことを特徴とする試料の表面処理方法。

【請求項4】請求項3記載の試料の表面処理方法において、前記水素ガスに対する前記堆積性ガスの添加量を、前記マスク材の削れ量が零となる流量E0としたことを特徴とする試料の表面処理方法。

【請求項5】請求項3または4に記載の試料の表面処理方法において、前記水素ガスに混合する堆積性ガスは、炭素を構成元素として含むガスであることを特徴とする試料の表面処理方法。

【請求項6】請求項3または4に記載の試料の表面処理方法において、前記堆積性ガスが CHF_3 、 CH_2F_2 、および CF_4 のうちいずれか一つを含むことを特徴とする試料の表面処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子等の試料の表面処理装置及び表面処理方法にかかわり、特にプラズマを用いて半導体表面のエッチングや成膜を行うのに適した表面処理装置及び表面処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子のエッチングや成膜等の処理に現在広く用いられている装置は、プラズマを利用する装置である。本発明はこのようなプラズマを利用した装置に広く応用できるものであるが、ここではそのうちの一つであるECR（電子サイクロトロン共鳴）方式と呼ばれている装置を例に取り、従来技術を説明する。この方式では、外部より磁場を印加した真空容器中でマイクロ波によりプラズマを発生させる。試料に入射するイオンを加速するために試料にはバイアス電圧が印加され

る。エッチングのほかに膜の堆積などにもこの装置は使われている。

【0003】近年の半導体素子では、その微細化に伴い加工の高精度化が要求されている。そのことによりエッチング材を高精度に加工するためのマスク材の寸法精度においても新しい技術が必要不可欠となる。マスク材のパターン形成において寸法制御する手法として、紫外光等の反射光を防止し微細かつ高精度に露光するためにBARC（Bottom Anti Reflective Coating）等の反射防止膜を使用する技術が用いられている。通常、反射防止膜の膜質はマスク材であるレジストと同じ有機系の膜であり、フルオロカーボン系ガスまたはハロゲン系ガスに酸素ガス等を混合しエッチングされ、同反射防止膜を加工する際にマスク材との選択比が1程度となる。また、同エッチングの際、イオンスパッタによりマスク材の肩落ち等が生じやすく、下地エッチング材の加工の際の障害になる。（図3（b）参照）

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、このような新たな課題を解決して、BARCなどの有機系膜とレジストなどの同膜種のエッチング速度の比となる選択比を高くし、且つレジストの初期形状をできるだけ維持したままで、加工する表面処理装置及び表面処理方法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の特徴は、真空容器とその中にプラズマを発生させる手段および該プラズマにより表面処理される試料を設置する試料台と試料に高周波バイアスを印加するための電源を備え、マスク材及び反射防止膜を使用して試料の表面処理を行う表面処理装置において、該真空容器中に、エッチングガスとして、水素ガスと堆積性ガスの混合ガスを導入する手段を備えたことにある。

【0006】本発明の他の特徴は、真空容器中にプラズマを発生させ、試料を設置する試料台に高周波バイアスを印加し、マスク材及び反射防止膜を使用し、前記プラズマを用いて前記試料の表面処理を行う試料の表面処理方法において、該真空容器中に水素ガスと堆積性ガスの混合ガスを導入し、前記プラズマにより前記試料の表面処理を行うことにある。

【0007】本発明の他の特徴は、前記水素ガスに対する前記堆積性ガスの添加量を、前記マスク材の削れ量が零となる流量E0としたことにある。

【0008】本発明によれば、エッチングガスとして軽元素である水素を用いることにより、スパッタによるマスク材であるレジストの肩落ちを低減し、同時に堆積性ガスを混合しマスク材としてのレジストとの選択比を増加し高精度に反射防止膜をエッチングすることができ

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について説明する。図1は、本発明を適用したプラズマエッチング装置の模式図であり、電子サイクロトロン共鳴を応用したプラズマ処理装置である。真空容器であるエッチング室1の周囲には、電子サイクロトロン共鳴(ECR)用磁場を発生するためにコイル2が設置されている。エッチング用ガスは、マスフローコントローラ3を介しガス源に接続されたガス供給管4を通して供給され、直径が0.4ないし0.5mm程度の微細な穴が数100個程度設けられたシリコンあるいはガラス状炭素からなるガス供給板5からエッチング室1に導入される。

【0010】ガス供給板5の上方にはUHF帯のマイクロ波を放射する円盤状のアンテナ6が設けられ、アンテナ6へのマイクロ波は電源7からマッチング回路8、導入軸9を通して給電される。マイクロ波はアンテナ6の周囲から放射されるとともに、アンテナ6の上方の空間での共振電界が誘電体10を通してエッチング室内に導入される。マイクロ波の周波数は、プラズマの電子温度を0.25eVから1eVの低温度にできる帯域が選定されていて、300MHzから1GHzの範囲である。本実施例では、450MHz付近の周波数帯を使用した。また、誘電体10としては、石英やアルミナを使用できる。あるいは、ポリイミドなどの耐熱性ポリマーで誘電損失が小さいものを使用しても良い。

【0011】ガス供給板5の下方にはウエハ載置電極11が設けられ、ウエハ12が静電吸着により支持(静電吸着用電源は図示せず)されている。ウエハ12にプラズマ中のイオンを引き込むため、高周波電源13からウエハ載置電極11に高周波バイアスが印加される。

【0012】また、アンテナ6およびエッチング室内壁14は、温度調節されている。すなわち、図示していない温度調節器から冷媒をアンテナ6及びエッチング室内壁14に導入して温度を調節することにより、アンテナ6、内壁14は一定の温度に保持されている。本実施例では30〜80℃に調節されるよう設定した。

【0013】エッチング室1に直結接続された真空室には、排気速度が2000から3000L/s程度のターボ分子ポンプが設置されている。また、図には示していないが、ターボ分子ポンプの開口部には排気速度調整用のコンダクタンスバルブが設置され、エッチングに適した流量と圧力を達成するために排気速度が調節される。さらに、大気開放時などにターボ分子ポンプを隔離するためにストップバルブも設けられている。

【0014】次に、本発明のプラズマエッチング装置を用いたBARCエッチングの実施例について説明する。高真空中に排気された状態のエッチング室1に、図には示していないが、搬送室から搬送アームによってウエハが搬入され、ウエハ載置電極11の上に受け渡される。搬送アームが後退してエッチング室1と搬送室間のバルブ

が閉じられた後、ウエハ載置電極11が上昇して、エッチングに適した位置で停止する。本実施例の場合は、ウエハ12とガス導入板5との距離(電極間距離)を50mmから100mmとした。

【0015】エッチングガスとして、H₂とN₂の混合ガスを使用し、流量としてそれぞれ100sccm、5sccmを導入した。ここに堆積性ガスとしてCHF₃を添加した。圧力は3.5Paである。UHFマイクロ波電源の出力を1.5kWとし、ウエハへのバイアス電源12の出力を60Wとした。コイル2に電流を印加し、UHFマイクロ波450MHzの共鳴磁場0.016Tをガス供給板5とウエハ載置電極11(すなわちウエハ12)の間に発生させた。次に、マイクロ波電源7を動作させた。これに伴い、電子サイクロトロン共鳴により、磁場強度0.016TのECR領域に強いプラズマが発生する。

【0016】エッチング特性の均一化を図る上で、ウエハ12の表面における入射イオン密度を均一にする必要があるが、ECR位置を磁場コイル2で自由に調節することができるため、最適なイオン密度分布が得られる。本実施例では、ECR領域の形状をウエハ12側に凸の状態とした。

【0017】プラズマが着火した後に、図には示していないが、高周波電源13に並列に接続された直流電源から高電圧がウエハ載置電極11に印加され、ウエハ12はウエハ載置電極11に静電吸着される。静電吸着されたウエハ12の裏面にヘリウムガスが導入され、冷媒により温度調節されたウエハ載置電極11のウエハ載置面とウエハ間でヘリウムガスを介してウエハの温度調節が行われる。

【0018】次に、高周波電源13を動作させ、ウエハ載置電極11に高周波バイアスを印加する。これにより、ウエハ12にプラズマ中からイオンが垂直に入射する。バイアス電圧がウエハ12に印加されると同時に、エッチングが開始される。所定のエッチング時間でエッチングを終了する。あるいは、図示していないが、反応生成物のプラズマ発光強度変化をモニターし、エッチング終点を判定してエッチング終了時間を求め、適切なオーバーエッチングを実施した後、エッチングを終了する。エッチングの終了は、高周波バイアス電圧の印加を停止したときである。これと同時に、エッチングガスの供給も停止する。

【0019】次に、静電吸着したウエハ12をウエハ載置電極10から脱着する工程が必要であり、除電ガスとしてアルゴンや実際にエッチングに使用するガス種などが使用される。静電吸着電圧の供給を停止して給電ラインをアースに接続した後、マイクロ波の放電を維持しながら10秒間程度の除電時間を設ける。これにより、ウエハ12上の電荷がプラズマを介してアースに除去され、ウエハ12が容易に脱着できるようになる。除電工

程が終了すると、除電ガスの供給停止とともにマイクロ波の供給も停止される。さらには、コイル2への電流供給も停止する。また、ウエハ載置電極11の高さを、ウエハ受け渡し位置まで下降させる。

【0020】この後しばらくの間、エッチング室1を高真空まで排気する。高真空排気が完了した時点で、搬送室間のバルブを開け、搬送アームを挿入してウエハ12を受け取り、搬出する。次のエッチングがある場合は、新しいウエハを搬入し、再び上述の手順に従ってエッチングが実施される。以上で、エッチング工程の代表的な流れを説明した。

【0021】次に、堆積性ガスの添加効果について簡単に説明する。図2は堆積性ガスの一例である CHF_3 の添加量とBARCおよび、レジストのエッチング速度の関係を示す図であり、図3はエッチング形状を示す図である。

【0022】図2から明らかなように、添加ガスの増加とともにBARC16のエッチング速度はあまり減少しないが、レジスト15はエッチング速度が大きく低下すなわちあまり削れなくなる。そして、添加ガスがある量を超えるとレジスト15は逆に堆積していく。ここでレジスト削れ量が零となるガス添加量E0において、選択比が無限大のエッチングが可能となる。実用上は、E0を中心にしてマスク材と反射防止膜の選択比が2以上となる範囲内でガス添加量を設定すればよい。

【0023】図3の(a)はエッチングの初期形状を示している。図3の(b)は比較のために示した従来技術すなわち添加ガスとして(酸素+ O_2)を用いた場合のエッチング形状を示している。従来技術では、レジスト開口部に肩削れ20が形成されてしまう。

【0024】これに対して、本発明の一実施例、すなわち、水素を主エッチングガスとして使用し添加ガスは混入しない場合のエッチング形状は図3(c)のようになる。従来技術と比べ軽元素である水素を主エッチングガスとして使用しているため、レジスト開口部での肩削れが軽減できる。さらに、水素に添加ガスを加えることで($\text{H}_2 + \text{CHF}_3$)、図3(d)のようにレジスト削れがゼロとなるエッチングが可能となる。

【0025】本実施例での CHF_3 の添加量は、エッチングガスである H_2 及び N_2 の流量100sccm、5sccmに対して CHF_3 を0sccm、2、8sccmと変化させた。この条件でBARCの膜厚80nmをエッチングした後における、マスク材であるレジストの削れ量は、初期膜厚720nmに対して、 CHF_3 添加量ゼロ時に120nmであったのが、添加量2sccm時に、0nmとなり、添加量8sccm時には逆に83nm堆積する結果となった。ここで CHF_3 添加量E0=2sccmでBARCをエッチングすることにより、対マスク選択比無限大のエッチングが可能となる。また、エッチングガスの主ガスとして軽元素である水素を

使用しているため、イオンスパッタにより生じるレジスト開口部での肩削れ量もほんのわずかである。

【0026】レジストが削れずに、同膜種であるBARCのエッチング反応のみが進行する要因として、堆積性ガスとして CHF_3 を導入することで強い堆積性をもつCH系の堆積物が最表面であるレジスト表面にのみエッチング反応を阻止するほど堆積していると考えられる。なお、本実施例では堆積性ガスとして CHF_3 を前提に説明したが、水素と反応し付着係数の高いCH系堆積物を生成するガスであれば何等问题はなく、 CHF_3 に限定されるものではない。

【0027】また、本実施例では、UHF型ECRプラズマエッチング装置を用いた場合を前提に説明したが、他のプラズマ源でも何等问题はなく、UHF型ECRプラズマエッチング装置に限定されるものではない。したがって、マイクロ波以外の誘導型プラズマ装置でも本発明を適用することができる。

【0028】また、側壁の温度調節は冷媒による例を示したが、これに限定されるものではなく、水冷や気体による強制冷却、あるいはヒーターの使用、赤外線を使用するランプ加熱などでも良い。

【0029】以上のことにより、本発明では軽元素の水素主体のエッチングガスと堆積性添加ガスの効果でマスクである同膜種のレジストとの選択比が増加するだけでなく、初期形状を維持したBARC(反射防止膜)のエッチングが可能となる。

【0030】

【発明の効果】以上のように本発明により、BARCなどの有機材をマスクであるレジストなどの同種材料に対して高い選択比で、なおかつ初期形状を維持したエッチングができる。すなわち、エッチングガスに軽元素である水素を用いることでマスク肩部のスパッタ性を低減し、且つ添加ガスに堆積性ガスを混入することでマスク材との選択比を増加することが可能となる。これらの相乗効果により高い選択比を保ちつつパターン初期形状をできるだけ維持したまま反射防止膜のエッチングが実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適応するエッチング装置の全体構成図。

【図2】堆積性ガスの添加量の違いによるBARC、レジストのエッチング速度の関係を示す図。

【図3】エッチングガス及び堆積性ガスの有無によるエッチング形状の差を示す図。

【符号の説明】

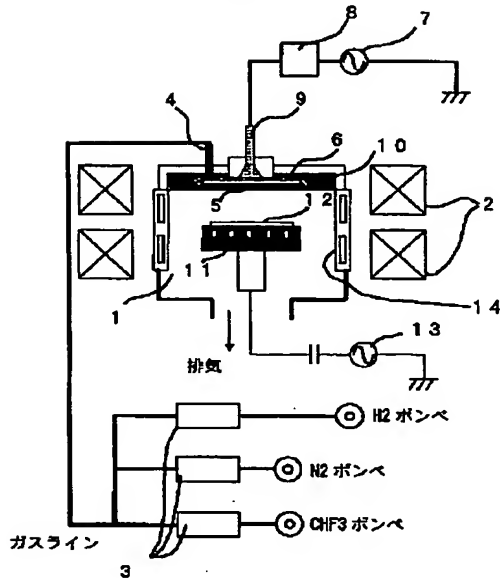
1…エッチング室、2…コイル、3…マスフローコントローラ、4…ガス供給管、5…ガス供給板、6…アンテナ、7…マイクロ波電源、8…マッチング回路、9…高周波導入軸、10…誘電体、11…ウエハ載置電極、12…ウエハ、13…高周波電源、14…エッチング室内

壁、15、16…特性曲線、17…レジスト、18…B

ARC、19…レジスト削れ、20…肩削れ

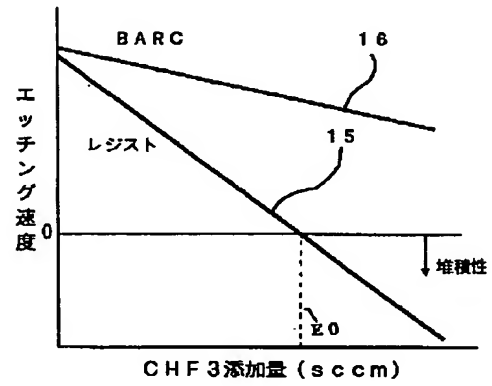
【図1】

図1



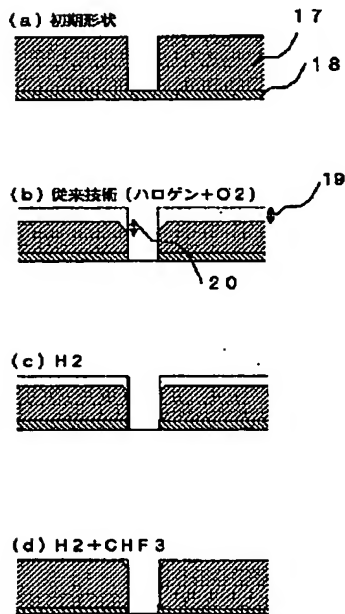
【図2】

図2



【図3】

図3



フロントページの続き

F ターム(参考) 4K057 DA13 DB15 DC10 DD01 DE06
DE08 DE20 DM03 DM29 DN01
5F004 AA05 BA14 BB13 DA01 DA15
DA16 DA24 DA25 DA26 DB23
EA22